Sisteme de Prelucrare Grafică

Curs nr. 4

Cap3 : Sisteme de vizualizare 3D

3.1. Succesiunea operatiilor de vizualizare

Un sistem de vizualizare 3D realizează transformările necesare pentru a duce un punct din sistemul de referinţă de modelare (sistem de coordonate local al unui obiect) într-un punct al suprafeţei de vizualizare (afişare).

Într-un sistem de vizualizare, generarea imaginii scenei virtuale e un proces complex care poate fi parcurs prin reprezentări în mai multe sisteme de referinţă, fiecare sistem facilitând specificarea si execuţia anumitor operatii (fig. 1) .

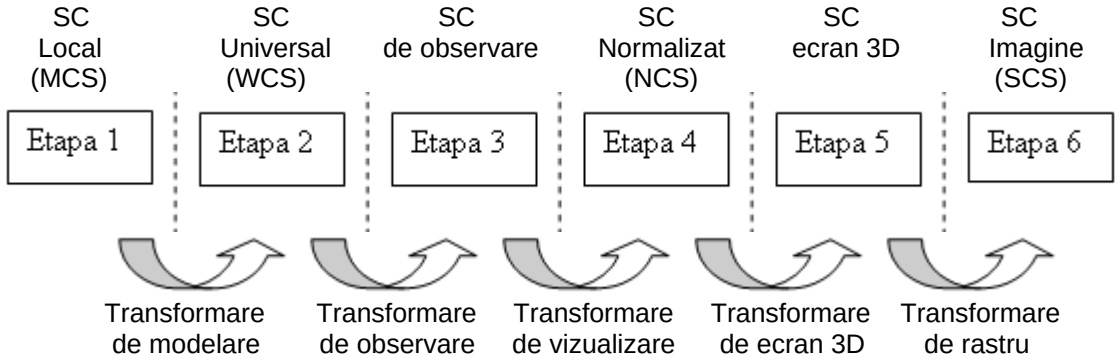


Fig 1 : Succesiunea operatiilor de vizualizare .

Etapa 1 - Definire obiecte
Etapa 2 - Definire SC de observare
Etapa 3 - Definire proiecţie şi volum de vizualizare
Etapa 4 - Decupare
Etapa 5 - Împărţirea cu W şi calcul proiecţie
Etapa 6 - Afişare imagine

Obiectele tridimensionale, componente ale scenei, sunt modelate si reprezentate în sistemele de coordonate locale si reprezintă axele alese cel mai convenabil pentru reprezentarea obiectelor.

Prin transformarea de modelare (instanţiere) se obţine descrierea obiectului într-un sistem de referinţă unic al scenei virtuale numit sistem de coordonate universal (WCS : World Coordinate System) .

În sistemul de referinţe universal se defineşte un sistem de referinţe de observare (VCS : Viewer Coordinate System) care specifică punctul si direcţia din care e privită scena.

Transformarea obiectelor din sistemul de coordonate universale în sistemul de coordonate de observare e numită transformare de observare (vizualizare) .

În sistemul de vizualizare de observare se poate face o analogie cu modul în care este privită o scenă reală de ochiul uman sau printr-un aparat de fotografiat. Poziţia şi orientarea sistemului VCS corespunde pozitiţei si orientării ochiului sau camerei. Dintr-un punct de observare, numai o parte a scenei poate fi văzută, restul aflându-se în spatele sau în părţile laterale ale direcţiei de observare .

Partea vizibilă din scenă se numeşte volum de vizualizare (Viewing Volume). Acesta în general e o piramidă sau un trunchi de piramidă cu vârful în punctul de observare sau cu direcţia dată de directia de observare .

În grafica 3D, există mai multe posibilităţi de definire a unui vector de vizualizare de la definiri simple folosite în programe mici de grafică până la definiri complexe care permit vizualizarea simultană a mai multor imagini ale secenei în ferestre de vizualizare diferite .

În sistemele de vizualizare, din motive de eficienţă si precizie a calculelor, transformarea de proeicţie este executată în două etape :

* O transformare de normalizare în care sistemul VCS se schimbă într-un sistem de referinţă normailzat (NCS). Volumul de vizualizare definit in VCS e transormat în sistemul NCS într-un volum canonic; care în general e un paralelipiped. În sistemul de referinţe normalizat NCS se execută decuparea obiectului astfel încât obiectele sau parţile din obiecte care se află în volumul de vizualizare (volumul canonic) să fie eliminate (ignorate pentru operaţiile următoare de redare sau sterşe din scenă) .

* Urmatoarea transformare e transformarea din sistemul NCS în sistemul de referinţe ecran 3D. Prin această transformare, fereastra definită în planul de vizualizare e transformată într-o regiune corespunzatoare zonei de afişare de pe display numita poartă (Viewport).

3.2.Transformarea de observare :

Este o trecere de la sistemul de referinţe universal WCS la sistemul de referinţă de observare VCS. Localizarea si sinteza sistemul VCS, $O_vX_vY_vZ_v$, în raport cu sistemul universal WCS poate fi descrisă printr-o matrice de transformare M de forma :

TV - matricea de translaţie a sistemului de observare VCS in raport cu sitemul WCS.
Rv - matricea de rotaţie care descrie “orientarea” axelor sistemului VCS.

c_{11}, c_{12}, c_{13} - cosinuşi directori ai axei O_vX_v
c_{21}, c_{22}, c_{23} - cosinuşi directori ai axei O_vY_v
c_{31}, c_{32}, c_{33} - cosinuşi directori ai axei O_vZ_v

Un punct oarecare P(x,y,z) ϵ Oxyz se transformă în punctul Pv (Xv,Yv,Zv) ϵ Oxvyvzv prin înmulţirea cu matricea inversa lui M :

$$P_v = M^{-1}P = R_v^{-1}T_v^{-1}\ P = M_v\ P \qquad (2)$$

M_v – matircea transormării de observare (vizualizare)

Obs. : Matricea de rotire R_v se specifică de fapt printr-o succesiune de rotaţii . Cea mai obişnuită conversie pentru ordinea de specificare a rotaţiilor este :

- Ruliu : cu un anumit unghi după axa O_z
- Tangaj : cu un anumit unghi după axa O_x
- Giratie : cu un anumit unghi după axa O_y

$$R_v = R_y(\alpha)\ R_x(\beta)\ R_z(\gamma) \qquad (3)$$

Fig (2)

$$\Rightarrow Mv = R_z(-\gamma)\ R_x(-\beta)\ R_y(-\alpha)\ T_v(-x_{ov}, -y_{ov}, -z_{ov})$$

Obs : În relaţiile anterioare , s-a considerat un sistem de referinţe de observare orientat dreaptă. Dacă se consideră un sistem de referintă de observare stânga atunci vom considera că :

$$M_v' = O_{xy}\ .\ M \qquad (4)$$

3.3. Transformarea de proiecţie :

a. Cazul proiecţiei ortografice :

Reamintim că în cazul proeicţiei orotgonale (caz perpendicular de proiecţie paralelă) planul de proiecţie este perpendicular pe direcţia de proiecţie. Considerăm cazurile în care planul de proiecţie este unul din planele sistemului de coordonate

Matricea transformării de proiecţie ortografică în planul Z = 0 este :

(5)

În planul X = 0 :

(6)

În planul Y=0 :

$$P_Y = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad (7)$$

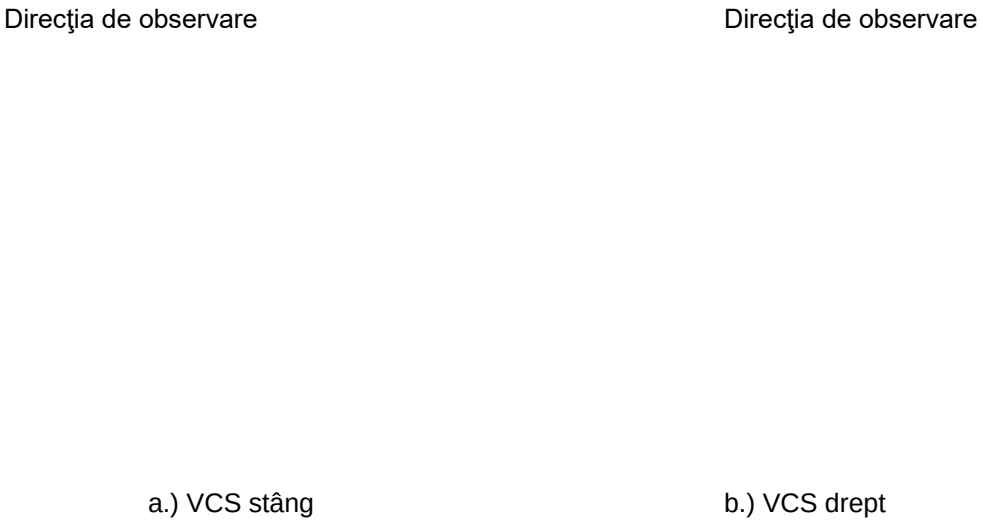
b. Cazul proiecţiei perspectivă :

Există mai multe modalităţi de a defini proiecţia perspectivă de la o definitie minimală; prin care se realizează proiecţia punctelor din spaţiu pe un plan, până la definirea adoptată de sistemele de vizualizare complexe, în care se specifică volumul de vizualizare, centrul de proiecţie si alţi parametrii .

În continuare prezentăm câteva sisteme de vizualizare cu proiecţie perspectivă, începând cu cel mai simplu si până la sistemul complet de vizualizare care se conformează standardelor GKS şi PHIGS

Proiecţia perspectivă se defineşte mai intuitiv pornind de la sistemul de observare VCS considerat ca un sistem de referinţă stâng. Centrul de proiecţie se fixează în centrul

sistemului VCS (adică în Ov). Direcţia de observare e în sensul pozitiv al axei Z iar planul de vizualizare (de proiecţie) e perpendicular pe axa O_vZ_v.



a.) VCS stâng b.) VCS drept

Fig.(1)

P (X_v,Y_v,Z_v) – punctul care se proiectează
P' (X_v,Y_v,Z_v) – proiecţia punctului P pe planul de proiecţie

$$\begin{cases} y_p = \dfrac{d}{z_v} y_v \\ x_p = \dfrac{d}{z_v} \quad x_v \\ z_p = d \end{cases} \qquad (8)$$

Aceste relaţii se pot exprima matricial prin definirea matricii de proiecţie perspectivă M_p astfel :

(9)

Aplicând transformarea perspectivă dată de matricea M_p punctului P (X_v,Y_v,Z_v)

(10)

Obs.

1) Proiecţia perspectivă implică împărţirea cu $W = Z_v / d$ a coordonatelor X_v şi Y_v adică cu distanţa Z_v, şi într-adevar , in proiecţia perspectivă imaginea unui obiect este cu atât mai mică cu cât se află la distanţă mai mare de observator.

2) În acest sistem de vizualizare simplu s-a definit sistemul de referinţă de observare ca un sistem stâng. Obişnuit se lucrează cu un sistem drept, cu direcţia de observare îndepărtată spre axa Z negativă. În acest caz planul de vizualizare este poziţionat perpendicular pe aza O_z, la distanţa (d) faţă de origine, (d) având valoare pozitivă. Se obţin aceleaşi relaţii, doar că (d) are valoare negativă .

3) S-a considerat cazul proiecţiei perspectivă cu un singur punct de convergenţă principal (planul de proiecţie este perpendicular cu un plan al sistemului de coordonate, în cazul considerat, planul de proiecţie este perpendicular pe $_xO_y$)

În cazul general al unui plan de proiecţie oarecare matricea de proiecţie devine :

$$M_P = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1/d_x & 1/d_y & 1/d & 0 \end{bmatrix} \qquad (11)$$

unde dx – intersecţia planului de proiecţie cu axa Ox
dy – intersecţia planului de proiecţie cu axa Oy
dz – intersecţia planului de proiecţie cu axa Oz

$$P' = M_P * P = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1/d_x & 1/d_y & 1/d & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_v \\ y_v \\ z_v \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_v \\ y_v \\ z_v \\ \frac{x_v}{d} + \frac{y_v}{d} + \frac{z_v}{d} \end{bmatrix} \quad (12)$$

4) Prin acest tip de proiecţie se trece de la 3D la 2D şi se pierde coordonata Z, ceea ce reprezintă un inconvenient, nemaiştiind ce punct se va avea (dacă sunt mai multe cu aceeaşi coordonată z).

3.4.Sisteme de referinţă normalizate

Sistemul de proiecţie simplu definit anterior în care toate obiectele din scenă proiectate în planul de vizualizare nu poate fi folosit decât în aplicaţii foarte simple în care se proiectează obiecte aflate tot timpul în câmpul de observare. În cazul scenei de dimensiuni mari, numai o parte poate fi vizibilă şi numai acea parte poate fi redată pe ecran .

Transferul de proiecţie perspectivă e o operaţie costisitoare deoarece necesită operaţii de împăţire. Execuţia ei pentru toate obiectele din scenă e inutilă pentru că doar o parte din obiecte sunt vizibile. În plus, operaţia de decupare (cliping) a obiectelor 3D care nu sunt vizibile e mai greu de făcut decât de proiecţie. Pentru vederea eficientă a scenelor 3D e necesară definirea unui volum de vizualizare cunoscut sub numele de piramidă de vizalizare sau transformarea de piramidă de vizualizare (Frustum). În forma cea mai simplă, volumul de vizualizare e mărginit de 4 plane laterale care trec prin punctul de observare O_v şi de 2 plane perpendiculare pe axa OvZv: planul apropiat (near) şi planul depărtat (far).

Intersecţia dintre cele patru plane laterale şi planul de vizualizare (care în această definiţie este şi planul apropiat de vizualizare) determină o suprafaţa ABCD în planul de vizualizare în care vor fi proiectate toate obiectele vizibile ale scenei . Suprafaţa ABCD este o fereastră de vizualizare (view plan window) .

Notăm cu :

2g = dimensiunea laturii orizontale a ferestrei de vizualizare (latura AB)
2h = dimensiunea laturii verticale a ferestrei de vizualizare (latura BC)
d = distanţa pâna la planul apropiat
f = distanţa pâna la planul depărtat

Ecuaţile pentru cele 6 plane ale trunchiului de piramidă sunt :

(1)

Trunchiul de piramidă de vizualizare defineşte si volumul de decupare , operaţia de decupare se efectuează într-un sistem de referinţă normalizat . Sistemul de referinţă normalizat (NCS) este un sistem de referinţă tridimensional în care trunchiul de piramidă se transformă într-un volum canonic, care în general este un paralelipiped dreptunghic.

Fig. 3 : Transformarea trunchiului de piramidă în cub cu latura 2

În acest paragraf vom utiliza un volum canonic de forma unui cub cu latura de 2 .

Introducerea acestui noi sistem de referinţă permite abordarea transformării de proiecţie în 2 etape :

- O transformare din sistemul de referinţă VCS în sistemul NCS ; numită transofrmare de normalizare
- Calculul proiecţiei prin împărţirea cu W a coordonatelor omogene

Pentru transformarea de normalizare trebuiesc îndeplinite următoarele cerinţe :

1) Se normalizează coordonata Z_v care reprezintă adâncimea astfel încât să se obţină o precizie maximă în operaţia de comparaţie a adâncimii punctelor .
2) Liniile din sistemul de referinţă observator trebuie să se transfrome în linii în sistemul de referinţă normailzat .
3) Interfeţele plane din UCS → suprafeţe plane în NCS.

Aceste cerinţe impun ca :

$Z_N = a +$ (2)

Observaţie :

- b trebuie să fie negativ pentru că atunci când Y_v creşte să crească şi Z_N
- domeniul $Z_v \in [d , f]$ trebuie să treacă în domeniul $Z_N \in [-1 , 1]$. În alte cazuri $Z_N \in [0 , 1]$.

Rezultă următoarele relaţii care definesc transformata de normalizare :

a.) pentru $Z_N \in [-1 , 1]$ Ş

(3)

Demonstraţia :

dar :

$Z_N (d) = -1$ şi $Z_N (f) = 1$

b.) pentru $Z_N \in [0 , 1]$ – volumul canonic este un paralelipiped cu latura bazei 1 şi înalţimea 1 (după axa Z_N)

(4)

Coordonatele omogene ale unui punct în sistemul normalizat au expresiile (pentru $Z_N \in [-1, 1]$)

$$\begin{cases} X_N = \dfrac{d}{g} x_v \\ Y_N = \dfrac{d}{h} y_v \\ Z_N = z_v . \dfrac{f+d}{f-d} - \dfrac{2df}{f-d} \end{cases} \qquad (5)$$

Relaţiile (5) au fost scrise astfel încât să nu efectuăm împărţirea prin $W = Z_v$

$$\Rightarrow \begin{bmatrix} X_N \\ Y_N \\ Z_N \\ W_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dfrac{d}{g} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \dfrac{d}{h} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dfrac{f+d}{f-d} & -\dfrac{2df}{f-d} \\ 0 & 0 & \pm 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_v \\ y_v \\ z_v \\ 1 \end{bmatrix} \qquad (6)$$

$$\Downarrow$$

$$M_N$$

Unde M_N este matricea de mormalizare pentru cazul în care $Z_v \in [d , f] \rightarrow Z_N \in [-1 , 1]$

Matricea de transformare de normalizare poate fi exprimată ca un produs de două matrici astfel :

(7)

cazul în care $Z_v \in [d , f] \rightarrow Z_N \in [0 , 1]$

(8)